

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-149464

(P2003-149464A)

(43)公開日 平成15年5月21日(2003.5.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B 6/00	3 7 6	G 0 2 B 6/00	3 7 6 Z 2 H 0 5 0
6/10		6/10	A
6/20		6/20	Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2001-346692(P2001-346692)

(22)出願日 平成13年11月12日(2001.11.12)

(71)出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72)発明者 官 寧

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

(72)発明者 姫野 邦治

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外3名)

Fターム(参考) 2H050 AB03Z AC01 AC64 AC71

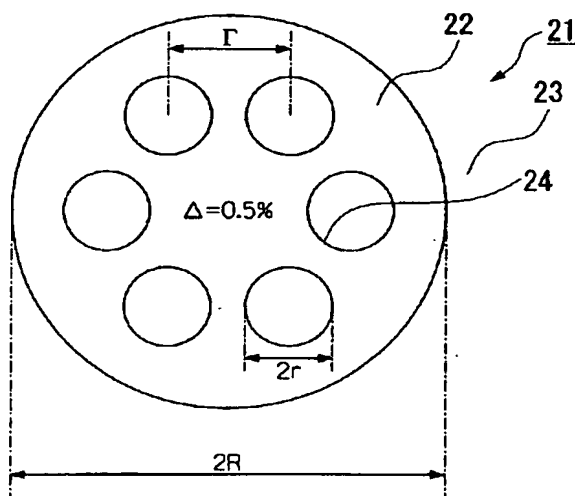
AD00

(54)【発明の名称】 光ファイバ

(57)【要約】

【課題】 従来のシングルモード光ファイバと同程度の特性を有し、しかも、従来のホーリーファイバと比べて格段に大きな異常分散を得ることのできる光ファイバを提供する。

【解決手段】 本発明のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバ21は、コア領域22と、コア領域22を包囲するクラッド領域23とにより構成され、このコア領域22には、その長手方向に沿って断面円形状の空孔24が複数形成され、これらの空孔24、24、…は、コア領域22の軸心Axに対して6回の回転対称性を有するように、それぞれの位置に合計6つ形成されていることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コア領域と、該コア領域を包囲するクラッド領域とを備えた光ファイバにおいて、前記コア領域に、その長手方向に沿って複数の空孔を形成してなることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】 前記複数の空孔は、前記コア領域の軸心に対して回転対称となる位置それぞれに形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】 前記複数の空孔の総断面積の前記コア領域の断面積に対する割合は 20%~40%であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光ファイバ。

【請求項 4】 前記コア領域の波長分散は、1400~1800nm の波長の光に対して、+80ps/nm/km より大であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の光ファイバ。

【請求項 5】 前記コア領域の前記クラッド領域に対する屈折率差は、1%以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項記載の光ファイバ。

【請求項 6】 前記コア領域の半径は、10μm 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項記載の光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバに関し、更に詳しくは、分散補償光ファイバとして好適に用いられ、従来のシングルモード光ファイバと同程度の特性を有し、しかも、従来のホーリーファイバと比べて格段に大きな異常分散が得られる光ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ホーリーファイバ、あるいはフォトリソニック結晶ファイバと称される光ファイバが注目されている。このホーリーファイバは、従来の光ファイバでは得られない特性、例えば、広帯域での異常分散、大きな構造分散等の特性を実現することができるために、近年とみに注目を集めている光ファイバである。

【0003】図 4 は、従来のホーリーファイバの一例であるビュアシリカホーリーファイバを示す断面図であり、このビュアシリカホーリーファイバ 1 は、コア領域 2 と、コア領域 2 を包囲するクラッド領域 3 とにより構成され、このクラッド領域 3 内の前記コア領域 2 を囲む位置には、その長手方向に沿って断面円形状の空孔 4 が多数形成された構成である。これらの空孔 4、4、…は、クラッド領域 3 内に幾何学的な規則性にしたがって形成されたもので、互いに隣接する 3 つの空孔 4 が三角形の各頂点に位置するように、かつ、最も外側の空孔 4、4、…が六角形の各頂点及び各辺上に位置するように、それぞれ形成されている。このビュアシリカホーリーファイバ 1 では、従来の光ファイバと比べて大きな異常分散を実現することができる。

【0004】また、図 5 は、従来のホーリーファイバの他の一例である空孔付加型ホーリーファイバを示す断面図であり、この空孔付加型ホーリーファイバ 11 は、従来のシングルモード光ファイバのコア領域 12 の周囲のクラッド領域 13 内の、コア領域 12 の軸心 Ax に対して回転対称となる 4 つの位置それぞれに、空孔 14 が形成された構成である。この空孔付加型ホーリーファイバ 11 においても、従来の光ファイバと比べて大きな異常分散を実現することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来のビュアシリカホーリーファイバ 1 では、コア領域 2 を囲むように多数の空孔 4、4、…を形成した構成であるから、フィールドが該ファイバ 1 内で広がってしまい、ファイバとして曲げ損失特性が悪化するという問題点があった。また、このファイバ 1 を他の種の光ファイバと接続する場合に、接続損失が大きくなるという問題点もあった。

【0006】また、上述した従来の空孔付加型ホーリーファイバ 11 では、クラッド領域 13 内に、回転対称となるように複数の空孔 14、14、…を形成した構成であるから、空孔 14、14、…の位置がコア領域 2 の軸心 Ax から遠すぎてしまい、分散値は従来のファイバより僅かに大きくなっているにすぎず、より大きな異常分散を実現することは難しいという問題点があった。ここで、分散値の一例を挙げると、例えば、1550nm の波長の光に対して、+34ps/nm/km である。

【0007】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、従来のシングルモード光ファイバと同程度の特性を有し、しかも、従来のホーリーファイバと比べて格段に大きな異常分散を得ることのできる光ファイバを提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は次の様な光ファイバを採用した。すなわち、本発明の請求項 1 記載の光ファイバは、コア領域と、該コア領域を包囲するクラッド領域とを備えた光ファイバにおいて、前記コア領域に、その長手方向に沿って複数の空孔を形成してなることを特徴とする。

【0009】この光ファイバでは、前記コア領域に、その長手方向に沿って複数の空孔を形成したことにより、フィールドがコア領域内に集中し、コア領域への光閉じ込め効果が高まり、従来の光ファイバと同程度の曲げ損失が得られる。また、複数の空孔はコア領域内に形成されているために、最大限、構造分散に寄与することが可能になるので、従来のホーリーファイバと比べて大きな異常分散が得られる。

【0010】請求項 2 記載の光ファイバは、請求項 1 記載の光ファイバにおいて、前記複数の空孔は、前記コア領域の軸心に対して回転対称となる位置それぞれに形成

されていることを特徴とする。これにより、複数の空孔の構造分散に対する寄与率が高まり、より大きな異常分散が得られる。

【0011】請求項3記載の光ファイバは、請求項1または2記載の光ファイバにおいて、前記複数の空孔の総断面積の前記コア領域の断面積に対する割合は20%～40%であることを特徴とする。これにより、コア領域に対して複数の空孔の占める面積が最適化され、複数の空孔の構造分散への寄与率が高まり、より大きな異常分散が得られる。

【0012】請求項4記載の光ファイバは、請求項1、2または3記載の光ファイバにおいて、前記コア領域の波長分散は、1400～1800nmの波長の光に対して、+80ps/nm/kmより大であることを特徴とする。これにより、従来のホーリーファイバと比べて格段に大きな異常分散が得られる。

【0013】請求項5記載の光ファイバは、請求項1ないし4のいずれか1項記載の光ファイバにおいて、前記コア領域の前記クラッド領域に対する比屈折率差は、1%以下であることを特徴とする。これにより、コア領域及びクラッド領域における屈折率プロファイルが最適化される。

【0014】請求項6記載の光ファイバは、請求項1ないし5のいずれか1項記載の光ファイバにおいて、前記コア領域の半径は、10μm以下であることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の光ファイバの各実施形態について図面に基づき説明する。なお、本実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

【0016】「第1の実施形態」図1は、本発明の第1の実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバを示す断面図であり、このフィールド閉じ込み型ホーリーファイバ21は、コア領域22と、コア領域22を包囲するクラッド領域23とにより構成され、このコア領域22には、その長手方向に沿って、中心部を囲むように断面円形状の空孔24が複数、例えば6つ形成されている。これらの空孔24、24、…は、コア領域22の軸心Axに対して、2回以上の回転対称となる位置それぞれに形成されている。ここでは、6回の回転対称性を有するように、それぞれの位置に合計6つ形成されている。

【0017】このホーリーファイバ21は、コア領域の半径Rが10μm以下、空孔24の半径rが0.5～2.0μmの範囲、空孔24、24間のピッチΓが1.2～4.8μmの範囲であり、これらの空孔24、24、…の総断面積 $S_2$ のコア領域22の断面積 $S_0$ に対する割合が20%～40%となるように設定されている。

また、コア領域22の波長分散は、1400～1800nmの波長の光に対して、+80ps/nm/kmより大であるように、また、コア領域22のクラッド領域23に対する比屈折率差Δが1%以下であるように設定されている。

【0018】これらの数値の一例を挙げると、コア領域の半径Rは2.2μm、空孔24の半径rは0.5μm、空孔24、24間のピッチΓは1.4μm、空孔24、24、…の総断面積 $S_2$ のコア領域22の断面積 $S_0$ に対する割合は30.99%、コア領域22のクラッド領域23に対する比屈折率差Δは0.5%である。

【0019】図2は、このホーリーファイバ21の分散特性を示す図であり、境界要素法に基づく全波解析により求めたものである。この図によれば、波長が長くなればなるほど、また、空孔24の半径rやピッチΓが同じであればコア領域22の半径Rが小さければ小さいほど、分散が大きくなることが分かる。例えば、波長が1550nmでは、+150ps/nm/kmを超える分散が得られることが明らかになった。

【0020】以上説明したように、本実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバ21によれば、コア領域22に、その長手方向に沿って空孔24を複数形成したので、フィールドをコア領域内に集中させることができ、コア領域への光閉じ込め効果を高めることができる。したがって、従来の光ファイバと同程度の曲げ損失を得ることができる。

【0021】また、複数の空孔24、24、…をコア領域22内に形成したので、空孔24は最大限、構造分散に寄与することができ、従来のホーリーファイバ等と比べて格段に大きな異常分散を得ることができる。したがって、このファイバ21を高密度波長多重(DWDM: dense wavelength division multiplexing)において必要とされる分散補償ファイバとして用いれば、従来の分散補償ファイバの1/5程度で補償を行うことができ、経済効果も極めて大である。また、従来の光ファイバと同程度の曲げ損失を有し、モードフィールド径(MFD: mode field diameter)も従来の光ファイバと同程度であるから、従来の光ファイバと容易に接続することができる。

【0022】「第2の実施形態」図3は、本発明の第2の実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバを示す断面図であり、このフィールド閉じ込み型ホーリーファイバ31が、第1の実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバ21と異なる点は、コア領域22内の軸心Axに対して4回の回転対称性を有する位置それぞれに、合計4つの空孔24を形成した点である。

【0023】このホーリーファイバ31では、各数値の一例を挙げると、コア領域の半径Rは2.2μm、空孔24の半径rは0.5μm、空孔24、24間のピッチΓは1.98μm、空孔24、24、…の総断面積 $S_2$

\* 1800 nmの波長の光に対して+80 ps/nm/kmより大としたので、従来のホーリーファイバと比べて格段に大きな異常分散を得ることができる。

【0028】また、コア領域のクラッド領域に対する屈折率差を1%以下としたので、コア領域及びクラッド領域における屈折率プロファイルを最適化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】 本発明の第１の実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバを示す断面図である。

【図２】 本発明の第１の実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバの分散特性を示す図である。

【図3】 本発明の第2の実施形態のフィールド閉じ込み型ホーリーファイバを示す断面図である。

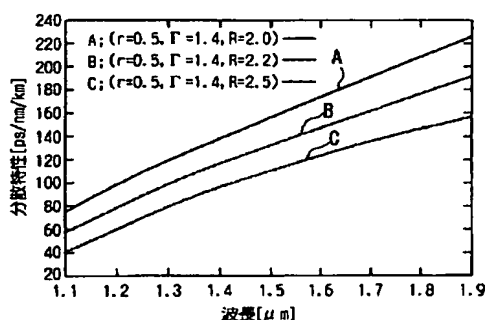
【図4】 従来のビュアシリカホーリーファイバを示す断面図である。

【図5】 従来の空孔付加型ホーリーファイバを示す断面図である。

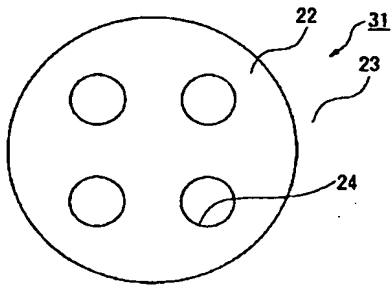
【符号の説明】

20 1…ビュアシリカホーリーファイバ、2…コア領域、3…クラッド領域、4…空孔、11…空孔付加型ホーリーファイバ、12…コア領域、13…クラッド領域、14…空孔、21…フィールド閉じ込み型ホーリーファイバ、22…コア領域、23…クラッド領域、24…空孔、31…フィールド閉じ込み型ホーリーファイバ。

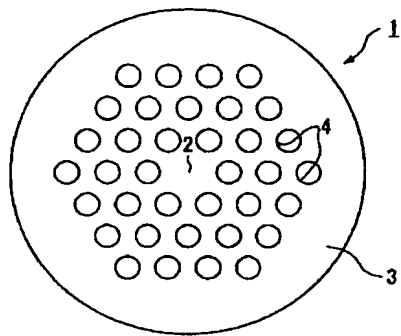
【图2】



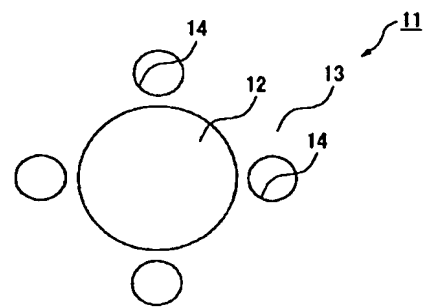
【図3】



【図4】



【図5】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-149464

(43)Date of publication of application : 21.05.2003

(51)Int.Cl.

G02B 6/00

G02B 6/10

G02B 6/20

(21)Application number : 2001-346692

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 12.11.2001

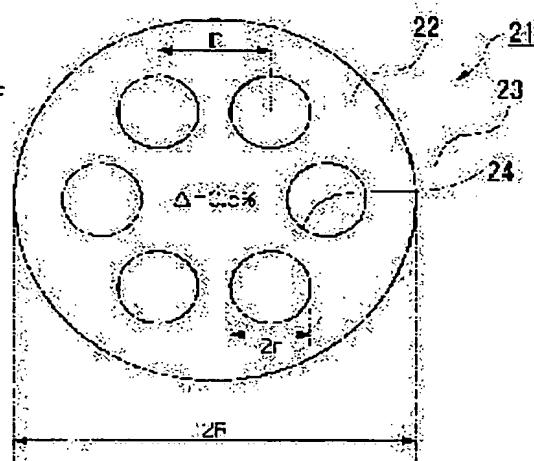
(72)Inventor : KAN YASUSHI  
HIMENO KUNIHARU

## (54) OPTICAL FIBER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical fiber having characteristics similar to that of a conventional single mode optical fiber and capable of obtaining abnormality dispersion far larger than that of a conventional holly fiber.

**SOLUTION:** An invented field binding type holly fiber 21 is constituted of a core area 22 and a clad area 23 surrounding the core area 22, a plurality of hollow holes 24 each of which has a circular cross section are formed in the core area 22 along the longitudinal direction of the core area 22 and six hollow holes 24 are formed on respective positions so that the rotation symmetry of six times around the axis Ax of the core area 22 is obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

**Japanese Patent Application Laid-open No. 2003-149464**

(11)Publication Number: 2003-149464  
(43)Date of Publication: May 21, 2003  
(21)Application No.: 2001-346692  
(22)Application Date: November 12, 2001

---

[Claim 1]

An optical fiber comprising a core region and a cladding region enclosing said core region, said optical fiber characterized in that:

a plurality of air holes are formed in said core region along the longitudinal direction thereof.

[0016]

[First Embodiment]

Fig. 1 is a cross-sectional view showing a field confinement holey fiber of a first embodiment of the present invention. This field confinement holey fiber 21 comprises a core region 22 and a cladding region 23 enclosing the core region 22. A plurality of (e.g. six) air holes 24 having circular cross sections are formed in this core region 22 along the longitudinal direction such that the air holes surround the central part of the core

region. These air holes 24, 24, ... are formed in individual locations such that they have two-or-more-fold rotational symmetry relative to an axis Ax of the core region. Here, a total of six air holes are formed at each of the locations such that they have six-fold rotational symmetry property.

[0017]

This holey fiber 21 has a structure in which a radius R of the core region is 10  $\mu\text{m}$  or less; a radius r of the air hole 24 is in the range of 0.5 to 2.0  $\mu\text{m}$ ; the pitch G of the air holes 24, 24 is in the range of 1.2 to 4.8  $\mu\text{m}$ ; and the ratio of the gross cross-sectional area  $S_2$  of these air holes 24, 24, ... to the cross-sectional area  $S_0$  of the core region 22 is in the range of 20% to 40%.

In addition, the holey fiber has a structure in which the wavelength dispersion of the core region 22 is more than +80ps/nm/km in the case that a wavelength of light is in the range of 1400 nm to 1800 nm, and a relative index difference  $\Delta$  between the core region 22 and the cladding region 23 is not more than 1%.

[0018]

By way of example, numeric values are given below: The radius R of the core region is 2.2  $\mu\text{m}$ ; the radius r of the air hole 24 is 0.5  $\mu\text{m}$ ; the pitch G of the air holes



24, 24 is 1.4  $\mu\text{m}$ ; the ratio of the gross cross-sectional area  $S_2$  of the air holes 24, 24, ... to the cross-sectional area  $S_0$  of the core region 22 is 30.99%; and a relative refractive-index difference  $\Delta$  between the core region 22 and the cladding region 23 is 0.5%.

[0022]

[Second Embodiment]

Fig. 3 is a cross sectional view showing a field confined holey fiber of a second embodiment of the present invention. A difference between this field confinement holey fiber 31 and the field confinement holey fiber 21 of the first embodiment lies in that a total of four air holes 24 are formed at each of locations such that they have four-fold rotational symmetry relative to the axis Ax of the core region 22.

[0023]

By way of example, numeric values of this holey fiber 31 are given below:

The radius R of the core region is 2.2  $\mu\text{m}$ ; the radius r of the air hole 24 is 0.5  $\mu\text{m}$ ; the pitch G of the air holes 24, 24 is 1.98  $\mu\text{m}$ ; the ratio of the gross cross-sectional area  $S_2$  of the air holes 24, 24, ... to the cross-sectional area  $S_0$  of the core region 22 is 20.6%; and a relative index

difference  $\Delta$  between the core region 22 and the cladding region 23 is 0.5%. The field confined holey fiber 31 of the present embodiment can also produce the same advantageous results as those of the field confinement holey fiber 21 of the first embodiment.